

# 光学的可変色票を用いた肌色再現のためのデジタルカメラの色較正

黒岩 貴宏, 宮澤 佳苗\*, 津村 徳道, Markku Hauta-Kasari\*\*, 小島 伸俊\*\*\*, 豊岡 了\*, 三宅 洋一  
千葉大学 大学院 自然科学研究科, \*埼玉大学 大学院 理工学研究科,  
\*\*ヨエンスー大学, \*\*\*花王(株)美容センター第3研究室

## Camera calibration for a skin color reproduction using variable optical color patch

T. Kuroiwa, K. Miyazawa\*, N. Tsumura, M. Hauta-Kasari\*\*, N. Ojima\*\*\*, S. Toyooka\*, Y. Miyake  
Graduate School of Sci. and Tech., Chiba Univ., \*Graduate School of Sci. and Eng., Saitama Univ.,  
\*\*Joensuu University, \*\*\*Kao Corp.

The images taken by the digital camera depend on the device and environmental illuminant. However, in the field of the telemedicine, the information of the actual skin color is very important to reproduce skin color under the arbitrary illuminant for skin diagnosis. It is required to calibrate the captured color in the spectral color space that is independent of environmental illuminant. The skin color chart is generally used to calibrate the digital camera in the field of the telemedicine. However, the spectral reflectance of the color chart is different from that of actual skin. It is also difficult to make the color patch with spectral reflectance of the actual skin. In this paper, we propose the optical variable color patch that can reproduce actual skin reflectance spectra reflectance as the color chart.

### 1. はじめに

近年, ネットワーク技術の発展に伴い, 電子的に色情報のやり取りを行う機会が多くなっている. その中でも, 撮像デバイスとしてデジタルカメラが急速に普及している. しかし, デジタルカメラによって撮影された画像は, 機器ごとの特性や撮影時の照明環境などにより, 元の被写体の正確な色を再現してはいない. 特に, 正確な色情報を必要とする遠隔医療の分野においては, 医師による正確な診断を実現するためにも, 個々の機器や撮影照明に依存しない分光反射率で表された色空間への色補正を行う必要がある. 遠隔医療で必要とされる肌色の正確な再現には, 一般に肌色色票を用いて色補正が行われる. しかし, 肌色色票が実際の肌の分光反射率と異なることが問題となっている. 実際の肌の分光反射率は, 分光放射輝度計などで点計測されるが, その分光反射率を色票として作成することは非常に困難であるとされている.

そこで本研究では, 様々な分光反射率を色票として再現することを可能とした, 光学的な可変色票を提案する.

### 2. 色補正手法

色補正には, 複数の色票をデジタルカメラにより撮影して得られた画素値と, 分光放射輝度計などにより予め測定された分光反射率との間の関係を用いる.

色票  $i$  の分光反射率ベクトルを  $r_i$  とし, それを撮影した画素値ベクトルを  $x_i$  とする.  $N$  枚の色票に関して各ベクトルをまとめた行列  $R$  および  $X$  を以下のように定義する.

$$R = [r_1, r_2, \dots, r_N] \quad (1)$$

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_N] \quad (2)$$

サンプルに対して最小二乗推定を行う変換行列を

$G$  とすると, 式(3)のように, 画素値から色票の分光反射率を推定することができる.

$$\tilde{r} = Gx \quad (3)$$

$$G = RX^t(XX^t)^{-1} \quad (4)$$

ここで,  $\tilde{r}$  は色票の推定分光反射率,  $G$  は推定行列,  $X^t$  は  $X$  の転置行列である.

### 3. 光学的可変色票システム

#### 3.1 システムの概要

本システムの構成を図1に, また光学系を図2に示す. まず, 光源からの光を分光器(LVF: Linear Variable Filter)によって分光させる. 次に, 空間光変調器(液晶パネル)を制御することで光の透過率を変化させ, 波長ごとの透過光のパワーを調整する. 最後にレンズで光を合成し, 拡散板に照射することで, 任意の分光特性を持つ色票を再現することができる.

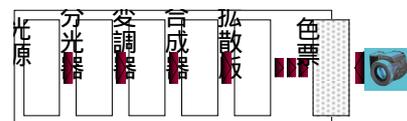


図1 光学的可変色票システムの構成

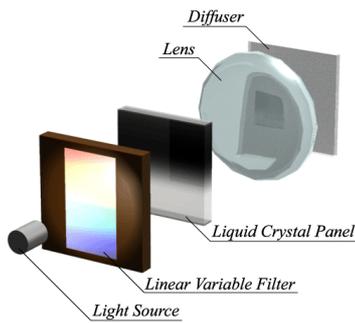


図2 システムの光学系

### 3.2 色票撮影シミュレーション

分光反射率そのものを色票として再現可能な本システムの有効性を検証するために、計算機上で色票の仮想撮影を行った。

分光反射率ベクトル  $r$  の物体を、光源  $E$  の下で、分光感度ベクトル  $s$  を持つ CCD カメラによって撮影した場合のセンサー応答ベクトルを  $x$  とした場合、式(5)のように表すことができる。色票データとして、肌色色票および実際の肌の分光反射率を用いた。

$$x_i = sEr_i \quad (5)$$

式(1)～式(3)より、肌色色票を用いて作成した変換行列  $G_{\text{肌色色票}}$  と、実際の肌の分光反射率を用いて作成した変換行列  $G_{\text{実肌}}$  を求める。次に、2種類の変換行列を用いて、式(4)により肌色色票および実際の肌の分光反射率をそれぞれ推定した。その推定精度を、入力値と推定値との色差 ( $\Delta E_{94}^*$ ) として表1に示す。肌色色票による変換行列を用いるよりも、実肌による変換行列を用いた場合に、推定精度が高いことがわかる、これにより、分光反射率を直接色票として再現する本システムの有効性が確認された。

表1 入力値と測定値との色差 ( $\Delta E_{94}^*$ )

		推定対象	
		肌色色票	実肌
$G_{\text{肌色色票}}$	平均色差	1.50	5.40
	最大色差	3.89	8.32
$G_{\text{実肌データ}}$	平均色差	4.18	<b>0.98</b>
	最大色差	6.45	<b>3.06</b>

### 3.3 色票の作成実験および評価

本システムに対して、任意の分光反射率データを入力し色票を作成した。そして、その色票の分光反射率を測定し、入力値と比較することで色票の作成精度を評価した。入力データは、Macbeth Color Checker の分光反射率データと、実際の肌の分光反射率データを用いた。実験結果として、入力値(図2(a), 図3(a))と測定値(図2(b), 図3(b))との色差 ( $\Delta E_{94}^*$ ) を表2に示す。

本システムに入力した分光反射率データと、作成された色票の分光反射率データとの平均色差が示すように、再現精度に関しては若干の不满を残している。

表2 入力値と測定値との色差 ( $\Delta E_{94}^*$ )

	平均色差	最大色差
Macbeth Color Checker (24 データ)	6.18	10.56
実肌 (24 データ)	5.66	6.76

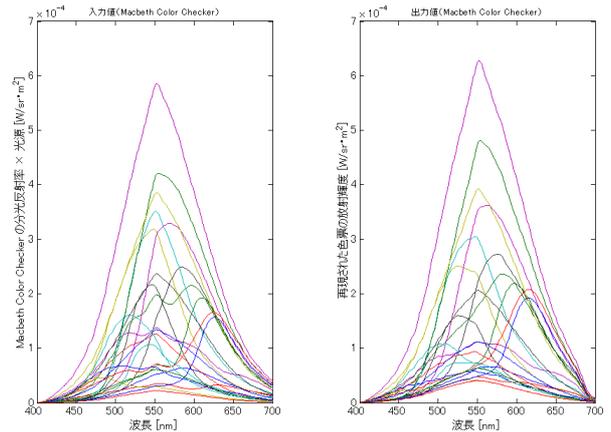


図3 入力値と測定値との放射輝度の比較 (Macbeth Color Checker)

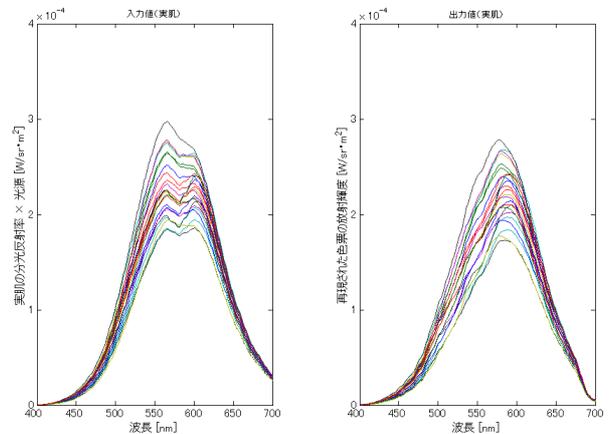


図4 入力値と測定値との放射輝度の比較 (実肌)

## 4. おわりに

本研究では、肌色色票と実肌の分光反射率とが異なることから生じる、遠隔医療における色補正の問題点を示した。そして、実肌の分光反射率そのものを色票として再現することの有効性を、シミュレーションによって確認した。次に、様々な分光反射率を色票として再現することを可能とした、光学的可変色票を提案・構築し、肌色再現における有効性を

確認した。

今後は、光源やノイズなどの影響と考えられる、短長波長領域の再現精度を向上させ、色差の縮小を目指す。そして、実際にデジタルカメラの色補正実験を行い、実用化を図りたいと考えている。

#### 参考文献

- [1] 津村 他, 光学 27 巻, 7 号 (1998) p.384-391 .
- [2] 石井 他 2000 秋季応物学会講演予稿集 p.229-230 .